

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)
THIS PAGE BLANK

1,2,3,7
9,10,12
13,14,15

PAT-NO: JP403175211A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03175211 A

TITLE: COMBUSTOR, COMBUSTOR FOR TURBINE, BURNER AND METHOD OF COMBUSTION

PUBN-DATE: July 30, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
TANIGUCHI, MASAYUKI
AZUHATA, SHIGERU
ARASHI, NORIO
MURAKAMI, TADATAKA
YOSHII, YASUO
SOMA, KENICHI
KOBAYASHI, YOSHINOBU
ISHIBASHI, YOJI
KURODA, MICHIO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

APPL-NO: JP02065149

APPL-DATE: March 15, 1990

INT-CL (IPC): F23R003/30, F23R003/26

US-CL-CURRENT: 60/747, 431/5, 431/352

ABSTRACT:

PURPOSE: To be able to obtain stable flame and at the same time to reduce NO_x by forming a high temperature range that is over the ignition temperature of a premixture gas in the inside of a premixture gas that is jetted out of a nozzle and circulating the combustion gas round the outside of the premixture gas that is jetted from the nozzle.

CONSTITUTION: In a first circulating flow region 51 a high temperature combustion gas 4 at nearly 2,000°C that is formed by the combustion of a premixture gas 50 flows. Accordingly the premixture flame that is formed in a secondary combustion chamber 20 gets an ignition source of the high temperature combustion gas 4 and is stabilized. On the other hand, in a second circulation flow region 52 that is formed on the side of the outer circumference of a

circular resistor 40 the combustion gas 4 and a premixture gas 5 flow, and the combustion gas 4 and the premixture gas 5 are mixed there to form a combustion mixture gas 6. This combustion mixture gas 6 burns due to the propagation of the flame from the combustion region 53 where the gas burns relatively violently, and outside the relatively violent combustion region 53 a slow combustion region 54 is formed. In the slow combustion region 54 the combustion mixture gas 6 with a low oxygen partial pressure burns so that the combustion temperature is low and the volume of the NO_x formed in this region is extremely small.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-175211
(43)Date of publication of application : 30.07.1991

(51)Int.Cl. F23R 3/30
F23R 3/26

(21)Application number : 02-065149
(22)Date of filing : 15.03.1990

(71)Applicant : HITACHI LTD
(72)Inventor : TANIGUCHI MASAYUKI
AZUHATA SHIGERU
ARASHI NORIO
MURAKAMI TADATAKA
YOSHII YASUO
SOMA KENICHI
KOBAYASHI YOSHINOBU
ISHIBASHI YOJI
KURODA MICHIO

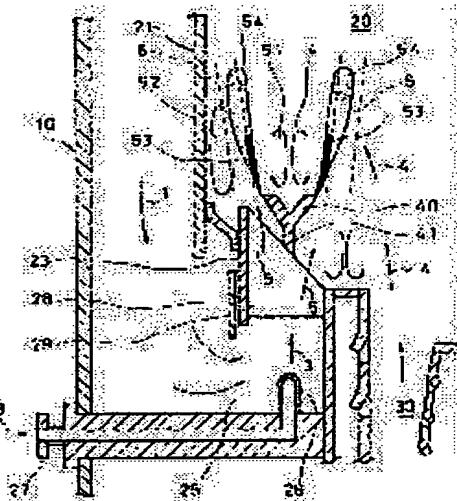
(30)Priority

(54) COMBUSTOR, COMBUSTOR FOR TURBINE, BURNER AND METHOD OF COMBUSTION

(57)Abstract

PURPOSE: To be able to obtain stable flame and at the same time to reduce NO_x by forming a high temperature range that is over the ignition temperature of a premixture gas in the inside of a premixture gas that is jetted out of a nozzle and circulating the combustion gas round the outside of the premixture gas that is jetted from the nozzle.

CONSTITUTION: In a first circulating flow region 51 a high temperature combustion gas 4 at nearly 2,000° C that is formed by the combustion of a premixture gas 50 flows. Accordingly the premixture flame that is formed in a secondary combustion chamber 20 gets an ignition source of the high temperature combustion gas 4 and is stabilized. On the other hand, in a second circulation flow region 52 that is formed on the side of the outer circumference of a circular resistor 40 the combustion gas 4 and a premixture gas 5 flow, and the combustion gas 4 and the premixture gas 5 are mixed there to form a combustion mixture gas 6. This combustion mixture gas 6 burns due to the propagation of the flame from the combustion region 53 where the gas burns relatively violently, and outside the relatively violent combustion region 53 a slow combustion region 54 is formed. In the slow combustion region 54 the combustion mixture gas 6 with a low oxygen partial pressure burns so that the combustion temperature is low and the volume of the NO_x formed in this region is extremely small.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Page 5 of 10] **[Patent number]**

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報 (A) 平3-175211

⑬ Int. Cl. 5

F 23 R 3/30
3/26識別記号 庁内整理番号
Z 7616-3G
Z 7616-3G

⑭ 公開 平成3年(1991)7月30日

審査請求 未請求 請求項の数 40 (全25頁)

⑮ 発明の名称 燃焼器、ガスタービン用燃焼器、バーナ、および燃焼方法

⑯ 特 願 平2-65149

⑯ 出 願 平2(1990)3月15日

優先権主張 ⑯ 平1(1989)3月20日 ⑯ 日本 (JP) ⑯ 特願 平1-66232

⑰ 発明者 谷 口 正 行 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 発明者 小 豆 畑 茂 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 発明者 嵐 紀 夫 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 出願人 株式会社日立製作所

⑰ 代 理 人 弁理士 富田 和子

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

燃焼器、ガスタービン用燃焼器、バーナ、および燃焼方法

2. 特許請求の範囲

1. 燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するノズルを備えた燃焼器において、

前記ノズルから噴出する予混合気体の噴流の内部から周囲に向かって、該予混合気体の燃焼を行なわせる予混合気体燃焼手段と、

前記予混合気体の噴流の外側から、該予混合気体に燃焼気体を混入させる気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器。

2. 燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するノズルを備えた燃焼器において、

前記ノズルから噴出する予混合気体の噴流の内部に、該予混合気体の着火温度を超える高温領域を形成する高温領域形成手段と、

前記予混合気体の噴流の外側に燃焼気体を循環させる燃焼気体循環手段とを備えていること

を特徴とする燃焼器。

3. 燃料と空気とが混合した予混合気体を燃焼する燃焼器において、

前記予混合気体を分割して噴出し、分割地点の下流にうず流を形成するノズルと、

前記ノズル出口の外周の少なくとも一部に燃焼気体のうず流を形成する空間とを備えていることを特徴とする燃焼器。

4. 燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するノズルを備えた燃焼器において、

前記ノズルの出口近傍に、下流側の断面積が急激に小さくなり、噴出する予混合気体の抵抗となる抵抗体を設け、

前記予混合気体が燃焼する燃焼室を前記ノズルの出口から急激に大きくなるよう形成したことを特徴とする燃焼器。

5. 前記抵抗体の断面積は、前記ノズルの出口面積よりも小さいことを特徴とする請求項4記載の燃焼器。

6. 前記抵抗体を冷却する冷却手段を備えている

特開平3-175211(2)

ことを特徴とする請求項4または5記載の燃焼器。

7. 前記ノズルが同一円周上に複数配されていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載の燃焼器。

8. 前記ノズルの上流側または下流側に、予混合火炎または拡散火炎を形成するノズルを備えていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6または7記載の燃焼器。

9. 燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する複数のノズルを備えた燃焼器において、

複数の前記ノズルの出口近傍に、下流側の断面積が急激に小さくなり、噴出する予混合気体の抵抗となる抵抗体を設け、

前記予混合気体が燃焼する燃焼室を、複数の前記ノズルのそれぞれの出口から急激に大きくなるよう形成したことを特徴とする燃焼器。

10. 燃料と空気とが混合した予混合気体を環状に噴出するノズルと、

前記ノズルの出口近傍に位置し、環状に噴出

他の燃焼室で発生した燃焼気体を前記予混合火炎内に混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器。

13. 所定の火炎が形成される第1の燃焼室と、予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器において、

前記第2の燃焼室に噴出される予混合気体の抵抗となり、予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、

前記燃焼気体および第1の燃焼室で発生した燃焼気体を前記予混合火炎に混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器。

14. 前記第1の燃焼室に形成される火炎が拡散火炎であることを特徴とする請求項13記載の燃焼器。

15. 前記第1の燃焼室に形成される火炎が予混合火炎であることを特徴とする請求項13記載の燃焼器。

16. 前記第1の燃焼室に形成される火炎は、予

する前記予混合火炎を同芯の2つの噴流に分割し、該予混合気体の分割地点の下流に該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を形成する循環流形成手段と、

分割された前記予混合気体の外側から前記燃焼気体を該予混合気体内に混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器。

11. 前記燃焼気体混入手段は、前記ノズルの出口から急激に広がる燃焼室で構成されることを特徴とする請求項10記載の燃焼器。

12. 複数の燃焼室を備え、複数の該燃焼室のうち少なくとも1以上の燃焼室内に、予混合火炎を形成するノズルが設けられている燃焼器において、

前記予混合火炎内に、該予混合火炎から発生した燃焼気体の循環流を形成する第1の循環流形成手段と、

前記予混合火炎の外側に、前記燃焼気体の循環流を形成する第2の循環流形成手段と、

混合火炎とバイロット火炎であることを特徴とする請求項13記載の燃焼器。

17. 前記第2の燃焼室に予混合気体を噴出するノズルは、環状に形成されていることを特徴とする請求項13、14、15または16記載の燃焼器。

18. 環状に形成されている前記ノズルが、周方向に複数に分割されていることを特徴とする請求項17記載の燃焼器。

19. 前記抵抗体は、環状に形成されている前記ノズルに沿って、環状に形成されていることを特徴とする請求項17または18記載の燃焼器。

20. 前記第1の燃焼室を前記第2の燃焼室の上流側に設けたことを特徴とする請求項13、14、15、16、17、18または20記載の燃焼器。

21. ノズルから噴出する予混合気体の流れ方向に対して垂直方向の前記抵抗体の断面積が、前記ノズルの出口面積よりも小さいことを特徴とする請求項13、14、15、16、17、

18. 19. 20記載の燃焼器。

22. 請求項1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20または21記載の燃焼器が、燃焼気体をガスタービンに送り込むための燃焼気体排出口を備えていることを特徴とするガスタービン用燃焼器。

23. 1次燃料と空気とが混合した1次予混合気体を環状に噴出する環状の第1のノズルと、環状に噴出する前記1次予混合気体に対する抵抗となって、該1次予混合気体を同芯の2つの流れに分流する環状の抵抗体と、前記第1のノズルの出口から急激に広がる1次燃焼室と、前記1次燃焼室の下流に位置し、2次燃料と空気とが混合した2次予混合気体を環状に噴出し、環状の前記第1のノズルの外周径よりも大きい内周径を有する環状の第2のノズルと、前記2次予混合気体が噴出される2次燃焼室とを備えていることを特徴とするガスタービン分流する環状の抵抗体と、前記ノズルの出口から急激に広がる2次燃焼室とを備えていることを特徴とするガスタービン用燃焼器。

28. 請求項23. 24. 25. 26または27記載のガスタービン用燃焼器の運転方法にあって、まず、上流側の燃焼室内に火炎を形成し、次に、前記上流側の燃焼室における負荷が特定の負荷になった時点で、下流側の燃焼室内に火炎を形成することを特徴とするガスタービン用燃焼器の運転方法。

29. 請求項27記載のガスタービン用燃焼器の運転方法であって、まず、前記1次燃焼室内に拡散火炎を形成し、次に、前記1次燃焼室における負荷が特定の負荷になった時点で、前記2次燃焼室に前記予混合気体を噴出して予混合火炎を形成すると共に、前記拡散火炎を消火または小さくすることを特徴とするガスタービン用燃焼器の運転方法。

24. 環状に噴出する前記2次予混合気体に対する抵抗となって、該2次予混合気体を同芯の2つの流れに分流する環状の抵抗体を備えていることを特徴とする請求項23記載のガスタービン用燃焼器。

25. 前記2次燃焼室は、前記第2のノズルの出口から急激に広がるよう形成されていることを特徴とする請求項23または24記載のガスタービン用燃焼器。

26. 前記1次燃焼室の上流端に、バイロットバーナが設けられていることを特徴とする請求項23. 24または25記載のガスタービン用燃焼器。

27. 拡散火炎が形成される1次燃焼室と、前記1次燃焼室の下流に位置し、燃料と空気とが混合した予混合気体を環状に噴出する環状のノズルと、環状に噴出する前記予混合気体に対する抵抗となって、該予混合気体を同芯の2つの流れに

30. 燃料と空気とが混合した予混合気体を燃焼させる燃焼方法において、予混合気体噴流の内部から外側に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させ、前記予混合気体噴流の外側から、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体を前記予混合気体内に混入させることを特徴とする燃焼方法。

31. 燃料と空気とが混合した予混合気体を燃焼させる燃焼方法において、予混合気体噴流の内部と該予混合気体噴流の外部とに、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を形成することを特徴とする燃焼方法。

32. 前記予混合気体の燃焼により形成される予混合火炎の他に、火炎を形成し、前記火炎の燃焼により発生する燃焼気体を前記予混合気体に混入させることを特徴とする請求項30または31記載の燃焼方法。

33. 燃料と空気とが混合した予混合気体を燃焼させる燃焼方法において、

前記予混合気体を環状に噴出して、該予混合気体を内周側と外周側とに分流し、

前記予混合気体の分流地点の下流に、該予混合気体の燃焼により発生した燃焼気体の循環流を形成すると共に、少なくとも分流した外周側の予混合気体に、該外周側の予混合気体のさらに外周側から前記燃焼気体を混入させることを特徴とする燃焼方法。

34. 環状に噴出する前記予混合気体の内周側に拡散火炎を形成することを特徴とする請求項33記載の燃焼方法。

35. 前記予混合気体が噴出する地点より、上流に火炎を形成し、

該火炎から発生する燃焼気体を、少なくとも分流した内周側の予混合気体に、該内周側の予混合気体のさらに内周側から混入させることを特徴とする請求項33記載の燃焼方法。

36. 前記予混合気体の燃焼により形成される予混合火炎の下流に、他の火炎を形成し、

前記予混合火炎から発生する燃焼気体を、前

は27記載のガスタービン用燃焼器と、

前記ガスタービン用燃焼器内で発生した燃焼気体により駆動するガスタービンと、

前記ガスタービンの駆動により発電を行う発電機と、

前記ガスタービンから排出される燃焼気体により、蒸気を発生させる廃熱回収ボイラとを備えていることを特徴とするコジェネレーションシステム。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、気体燃料あるいは液体燃料により予混合燃焼を行う燃焼器、ガスタービン用燃焼器、バーナ、および燃焼方法に関する。

【従来の技術】

一般的に、燃焼時に生成されるNO_xには、燃料中の窒素化合物から生成されるフューエルNO_xと、空気中の窒素から生成されるサーマルNO_xとがある。

フューエルNO_xを低減させるための技術には、

記他の火炎内に混入させることを特徴とする請求項33記載の燃焼方法。

37. 燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するバーナにおいて、

噴出する前記予混合気体の抵抗となり、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、

噴出する前記予混合気体の外側から前記燃焼気体を混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするバーナ。

38. 請求項37記載のバーナが装着されていることを特徴とする燃焼器。

39. 請求項22、23、24、25、26または27記載のガスタービン用燃焼器と、

前記ガスタービン用燃焼器内で発生した燃焼気体により駆動するガスタービンと、

前記ガスタービンの駆動により発電を行う発電機とを備えていることを特徴とするガスタービン発電設備。

40. 請求項22、23、24、25、26または

燃焼領域に還元領域を形成させてNO_xをN₂とO₂とに還元する方法などがあるが、基本的には燃料中の窒素分の低減、つまり燃料の改質を行うことが最も効果的である。

一方、サーマルNO_xを低減させる技術には、水噴射法、排ガス再循環法、燃料稀薄燃焼法などがある。これらは、主として火炎温度を低下させることにより、サーマルNO_xを低減せるものであるが、これらの手法を用いると、火炎の安定性が低下しやすい。

通常、燃焼器における燃焼方法として、燃料と空気とをそれぞれ異なるノズルから噴出する、いわゆる拡散燃焼が主に用いられてきたが、最近は、燃料と空気とを予め混合し同一のノズルから噴出する予混合燃焼が用いられつつある。

予混合燃焼を用いることによる利点は、主として次の2点である。

ひとつは、予混合燃焼を用いると燃焼の反応領域を小さくすることができる。つまり、ノズルから噴出する気体がすでに燃料と空気との予混合気

体であるため、ノズルの下流側に予混合気体を形成するための領域を要せず、火炎を短くすることができ、高負荷燃焼することが可能な点である。

もうひとつは、サーマルNO_xを低減できることである。燃焼室内に異なるノズルから燃料と空気とを噴出する拡散燃焼では、たとえ燃料を稀薄の条件で燃焼させても燃焼室内での燃料と空気との混合過程において、空気比が1（理論混合比）付近になる領域が必ず存在するため、NO_xの低減が一般に困難であるとされる。これに対して、過剰の空気と燃料とを予め混合して燃焼する燃料稀薄予混合燃焼法では、全ての燃焼領域で燃料が稀薄な燃焼条件のもとで燃焼するためNO_xの低減が容易である。

このような稀薄予混合燃焼法は、例えば、特公昭62-35016号公報に記載されているガスタービンの燃焼器などで採用されつつある。

稀薄予混合燃焼は、空気過剰での燃焼であるため火炎温度が低くなって、NO_xの低減は図れるが、予混合火炎の安定性が劣るのが欠点である。

に形成される高温の燃焼気体が着火源となり、火炎を安定させるというものである。

この他、特開昭59-74406号公報に記載されているもののように、パイロット火炎を用いるものや、特開平64-54122号公報に記載されているもののように、旋回流を形成させるものなど、火炎を安定させる多数の技術がある。

なお、これらの技術は、いずれも、燃焼室形状や旋回流の影響等により、燃焼気体と予混合気体との混合領域はほとんど形成されていない。

【発明が解決しようとする課題】

上述のような火炎の安定化技術を用いて、稀薄予混合燃焼を行うと、予混合火炎は安定すると共に、ある程度のNO_x低減も実現できる。

しかしながら、近年、光化学スモッグの原因となるNO_xに対する排出規制が年々厳しくなってきており、さらに、NO_xを低減することができる技術が望まれている。

本発明の目的は、このような点について着目してなされたもので、安定した火炎を得ることがで

予混合火炎の安定性を向上させるためには、理論混合比近傍で火炎を形成する必要があるが、前述のように理論混合比付近での燃焼は、NO_xの発生量が多い。

このように、安定な火炎を形成し易い条件とNO_xの発生を抑制できる条件とは異なるため、過剰空気比条件でも安定に火炎を形成する保炎技術、もしくは理論混合比付近で燃焼させてもNO_xを低減できる燃焼技術が必要になる。

従来、予混合火炎の安定化技術として、例えば、米国特許4,051,670号公報や米国特許4,150,539号公報に記載されている燃焼器がある。

前者の燃焼器は、空気と燃料との混合気体を燃焼室内で旋回させる旋回手段と、旋回流が形成されている領域内的一部を減圧する減圧手段とを備えており、混合気体の旋回流内に高温の燃焼気体を導くことにより、燃料の着火性が確保され、火炎を安定させるというものである。

また、後者の燃焼器は、空気と燃料との混合気体の噴出口に抵抗板を設け、この抵抗板の下流側

きると共に、よりNO_xを低減することができる燃焼器、ガスタービン用燃焼器、バーナ、燃焼方法を提供することである。

また、本願は、この燃焼器を用いたガスタービン発電設備、コジェネレーションシステム、およびこの燃焼器に好適な燃焼器の運転方法についても提供する。

（以下余白）

【課題を解決するための手段】

前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するノズルを備えた燃焼器において、前記ノズルから噴出する予混合気体の内部から周囲に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させる予混合気体燃焼手段と、前記ノズルから噴出する予混合気体の外側から、該予混合気体に燃焼気体を混入させる気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器により達成することができる。

前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するノズルを備えた燃焼器において、前記ノズルから噴出する予混合気体の内部に、該予混合気体の着火温度を越える高温領域を形成する高温領域形成手段と、前記ノズルから噴出する予混合気体の外側に、燃焼気体を循環させる燃焼気体循環手段とを備えていることを特徴とする燃焼器によっても達成することができる。

また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するノズルを備えた燃焼器において

燃焼器の大型化のためには、前記2次燃焼室に予混合気体を噴出するノズルが、環状に形成されていることが有効である。さらに大型化するためには、環状に形成されている前記ノズルが、周方向に複数に分割することが有効である。

なお、予混合気体を噴出するノズルが、環状に形成されている場合には、このノズルに沿って、前記抵抗体も環状に形成することが好ましい。

また、燃焼器の起動を容易にするために、上流側の燃焼室内にバイロットバーナを設けることが有効である。

また、第1の燃焼室と第2の燃焼室とのいずれか一方を上流側に配し、他方を下流側に配した場合には、上流側の燃焼室内で発生した燃焼気体を下流側の燃焼室で形成される火炎に混入させることができるように、これらの燃焼室の形状および配置関係を定めることができる。

前記抵抗体は、この断面積が、ノズルの出口面積よりも小さくなるよう形成することが好ましい。

また、前記抵抗体を冷却する冷却手段を備えて

て、前記ノズルの出口近傍に、下流側の断面積が急激に小さくなり、噴出する予混合気体の抵抗となる抵抗体を設け、前記予混合気体が燃焼する燃焼室を前記ノズルの出口から急激に大きくなるよう形成したことを特徴とする燃焼器によっても達成することができる。

前記目的を達成することができると共に、大型化に好適な燃焼器としては、所定の火炎が形成される第1の燃焼室と、予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器において、前記第2の燃焼室に噴出される予混合気体の抵抗となり、予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、前記燃焼気体を前記予混合火炎に混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするものである。

ここで、前記第1の燃焼室に形成される火炎は、拡散火炎でも予混合火炎でもよいが、第1の燃焼室に形成される火炎が拡散火炎である場合には、第1の燃焼室を第2の燃焼室の上流側に設けることが好ましい。

いることが好ましい。具体的には、抵抗体の内部に冷却用の空気または水を供給することにより、実施される。

予混合火炎が形成される燃焼室における、ノズル出口から急激に広がる幅は、できる限り大きくすることが好ましい。しかしながら、この幅を大きくすると、燃焼器の大型化しコストが嵩むので、ノズルの出口幅に対して、1.5倍程度にすることが適当であると思われる。

なお、以上の燃焼器の構成は、ガスタービン用燃焼器に適用することができる。

また、これらの燃焼器は、燃焼器に、ガスタービンを接続し、このガスタービンに発電機を接続することにより、ガスタービン発電機を構成することができる。

また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するバーナにおいて、噴出する前記予混合気体の抵抗となり、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、噴出する前記予混合気体の外側か

ら前記燃焼気体を混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするバーナによつても達成することができる。

また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を燃焼させる燃焼方法において、予混合気体噴流の内部から外側に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させ、前記予混合気体噴流の外側から、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体を前記予混合気体内に混入させることを特徴とする燃焼方法によつても達成することができる。

[作 用]

予混合火炎でサーマルNO_xを低減させるには、先に述べたように、従来、過剰空気条件下で燃焼を行うことが主流であるが、発明者らは、銳意検討の結果、予混合気体噴流のほぼ中心に高温の燃焼気体を循環させるとともに、予混合気体が燃焼する前に、燃焼気体の一部を予混合気体に混入させることにより、予混合火炎を安定化させることができると共に、NO_xを低減することができるこことを明らかにした。

急激に広がっているので、ノズル出口の外周側つまり噴出する予混合気体の外側にも気体の第2の循環流領域が形成される。

第1の循環流領域には、高温の燃焼気体の一部が流入し、第1の循環流領域の周囲の予混合気体が、高温の燃焼気体により着火し、そこに比較的急激な燃焼領域が確実に形成される。このように、比較的急激な燃焼領域が確実に形成されるので、予混合火炎は安定化する。

第2の循環流領域にも、燃焼気体の一部が流入する。これが、ノズルから噴出する予混合気体と混合して燃焼混合気体を形成する。燃焼混合気体は、噴流の内部に形成される比較的急激な燃焼領域から外部に向かって伝播してくる火炎により、燃焼し、緩慢な燃焼領域を形成する。緩慢な燃焼領域内では、酸素分圧の低い燃焼混合気体が燃焼するので、NO_xの発生量が極めて少ない。

また、比較的急激な燃焼領域は、緩慢な燃焼領域が形成されるので、縮小され、ここで発生するNO_xの量も少なくなる。

本発明は、この知見に基づいてなされたものである。

内側の予混合気体は、高温の燃焼気体という着火源を得て、確実に着火し、外側に向かって火炎が伝播して行く。一方、外側の予混合気体には、燃焼気体の一部が混入し、予混合気体と燃焼気体とが混合して形成された燃焼混合気体が、内側から伝播してきた火炎により、着火して燃焼する。

したがって、予混合気体の内側が確実に着火するので、予混合火炎は、安定化する。また、単なる予混合気体が燃焼する高温の燃焼領域が縮小されると共に、酸素分圧の低い燃焼混合気体が燃焼するので、NO_xが著しく低減する。

具体的に、本発明に係る燃焼器の作用について説明する。

抵抗体と、予混合気体を噴出するノズル出口から急激に広がる燃焼室とを備えているものでは、抵抗体の下流側の断面積が急激に小さくなっているので、抵抗体の下流側に気体の第1の循環流領域が形成される。また、燃焼室がノズル出口から

したがって、燃焼領域で発生するNO_xを著しく低減することができる。

なお、緩慢な燃焼領域を形成するためには、このように、火炎が噴流の内部から外部に向かって伝播してくることが必要である。これは、予混合気体噴流の外側から火炎が形成されると、予混合気体が燃焼気体と混合する前に燃焼してしまい、燃焼混合気体が形成されないからである。

予混合火炎が形成される燃焼室における、ノズル出口から急激に広がる幅をより大きくしたものでは、燃焼気体の一部が循環する第2の循環流領域を広げることができて、予混合気体と燃焼気体とが混合する量が増え、NO_xをより低減することができる。なお、ノズル出口から急激に広がる幅をノズルの出口幅の約1.5倍にすると、この幅の大きさに対するNO_x低減効果を最もよくすることができる。

また、所定の火炎が形成される第1の燃焼室と予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器では、予混合火炎は、前述したように、

抵抗体の作用により、安定して燃焼する。また、2つの燃焼室を有するので、それぞれの燃焼室内の負荷を変えることにより、負荷変動の許容範囲を広げることができる。したがって、このような構成が大型の燃焼器に好適である。

燃焼器の大型化のためには、予混合気体を噴出するノズルを環状に形成し、このノズルから予混合気体を下流側に噴出するように構成することができる。これは、火炎相互の干渉による燃焼振動を抑えることができるからである。また、環状に形成したノズルを周方向に複数に分割すると、逆火を防ぐことができると共に、ノズル内で燃焼用空気と燃料とを効率よく混合することができる。

ここで、第1の燃焼室と第2の燃焼室とのいずれか一方を上流側に配し、他方を下流側に配した場合には、上流側の燃焼室内で発生した燃焼気体を下流側の燃焼室で形成される火炎に混入させることができるように構成すると、下流側の燃焼室では、酸素分圧の低い燃焼気体の混入により、火炎から発生するNO_x量を少なくすることができます。

を形成するものでは、先の手段により、火炎を安定させることができると共に、両方の燃焼室で形成される火炎から発生するNO_x量を少なくすることができるので、燃焼器から排出されるNO_x量を極めて少なくすることができます。

本発明に係る燃焼器をコジェネレーションシステムのガスタービン用燃焼器に用いると、コジェネレーションシステムを構成する廃熱回収ボイラ内の脱硝装置で使用するアンモニアの量を少なくすることができる。アンモニアは、ガスタービンを介して送られてくる燃焼気体中のNO_xと反応させて、燃焼気体中からNO_xを取り除くものであるが、NO_xの発生量が少なくなるので、使用的するアンモニアの量も少なくすることができる。また、運転形態によっては、脱硝装置が無くても環境規制値を満足することができる。

(以下余白)

る。

また、第1の燃焼室に拡散火炎を形成し、これを第2の燃焼室より上流側に位置させることにより、燃焼器の起動を容易に行うことができる。起動時には、まず、第1の燃焼室に拡散火炎を形成する。拡散火炎は、燃料に対する空気の量を容易に大きくすることができるので、簡単に形成することができる。したがって、燃焼器の起動を容易に行うことができる。次に、第2の燃焼室に予混合火炎を形成する。ノズルから噴出する予混合気体は、既に形成されている拡散火炎の熱により温められ、容易に燃焼する。拡散火炎は、NO_xの発生量が多いので、NO_xの発生量を少なくするために、予混合火炎が形成されると、同時に、拡散火炎を小さくするか消火してしまうことがある。

また、予混合火炎を形成する燃焼室が上流側に設けられている場合には、この燃焼室にパイロットバーナを設けることにより、燃焼器の起動を容易に行うことができるようになる。

第1の燃焼室および第2の燃焼室に予混合火炎

【実施例】

以下、第1図～第31図に基づき本発明の各種実施例について説明する。なお、各種実施例につき同一部位には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

ガスタービン用燃焼器の第1の実施例について、第1図～第6図に基づき説明する。

ガスタービン用燃焼器100には、第4図に示すように、燃焼用空気1を加圧して燃焼器100に送り込む空気圧縮機301と、燃焼器100内で発生した燃焼気体4により駆動するガスタービン303とが接続されている。ガスタービン303には発電機304が接続されている。

ガスタービン用燃焼器100は、第1図～第3図に示すように、その燃焼器ケーシング10に、空気圧縮機301からの燃焼用空気1を取り入れる空気取入口11と、燃焼により発生する燃焼気体4を排出する燃焼気体排出口12とが形成されている。燃焼器ケーシング10内には、1次燃焼室30を形成する1次燃焼用内筒31と、2次燃

焼室 20 を形成する 2 次燃焼用内筒 21 とが設けられている。

1 次燃焼用内筒 31 は、燃焼器ケーシング 10 内の燃焼気体排出口 12 と相対する面に設けられている。1 次燃焼用内筒内 31 には、第 2 図に示すように、1 次燃料 2 を噴出する複数の 1 次燃料ノズル 34, 34, … が、同一円周上に等間隔で配設されている。この 1 次燃料ノズル 34, 34, … には、1 次燃料 2 を受け入れる 1 次燃料受入ノズル 32 が接続されている。1 次燃焼用内筒 31 の側周には、空気取入口 11 から流入する燃焼用空気 1 を内筒 31 内に流入させるための 1 次空気供給口 33, 33, … が形成されており、そこには、流入する燃焼用空気 4 量を調節するための 1 次空気調節弁 35 が設けられている。

2 次燃焼用内筒 21 は、1 次燃焼用内筒 31 の下流側に設けられており、その側周には内筒自身を冷却するための冷却空気口 22 が形成されている。2 次燃焼用内筒 21 の上流端には、燃焼用空気 1 と 2 次燃料 3 との予混合気体 5 を噴出する旋

体 40 は、第 2 図および第 3 図に示すように、予混合火炎形成ノズル群 24 に沿って現状を成し、その断面は V 字状を成している。現状の抵抗体 40 の半径方向の幅は予混合火炎形成ノズル群 24 の半径方向の幅よりも小さく形成されている。断面が V 字状の抵抗体 40 は、その頂点部が上流方向に向くように設けられている。頂点部には、抵抗体 40 を支持する支持部材 41 が設けられている。この支持部材 41 は、複数の予混合火炎形成ノズル 23, 23, … 間に仕切る仕切板 29 上に設けられている。

2 次燃焼用内筒 21 の下流端には、燃焼気体 4 を燃焼器ケーシング 10 の燃焼気体排出口 12 に導くためのトランジションピース 15 が接続されている。

次に第 1 の実施例の燃焼器の作用について説明する。

空気圧縮機 301 で加圧された燃焼用空気 1 は、空気取入口 11 から燃焼器ケーシング 10 内に流入する。燃焼用空気 1 は、燃焼器ケーシング 10

の予混合火炎形成ノズル 23, 23, … が、第 2 図に示すように、同一円周上に配され、現状の予混合火炎形成ノズル群 24 を形成している。ノズル 23, 23, … の下流端には、燃焼用空気 1 をノズル 23, 23, … 内に流入させる 2 次空気供給口 25, 25, … と、2 次燃料 3 を噴出する 2 次燃料ノズル 26, 26, … とが、設けられている。この 2 次燃料ノズル 26, 26, … には、2 次燃料 3 を受け入れる 2 次燃料受入ノズル 27, 27, … が接続されている。2 次空気供給口 25, 25, … には、流入する燃焼用空気 1 量を調節するための 2 次空気調節弁 28, 28, … が設けられている。

現状の予混合火炎形成ノズル群 24 の外周の径は、2 次燃焼用内筒 21 の内径よりも小さく、2 次燃焼室 20 は、予混合火炎形成ノズル 23 の出口で急激に大きくなるよう形成されている。

予混合火炎形成ノズル 23 の出口近傍には、混合気体 5 の燃焼により発生する燃焼気体 4 を循環させるための抵抗体 40 が設けられている。抵抗

とトランジションピース 15 および 2 次燃焼用内筒 21 との間を通過して、1 次空気供給口 33 から 1 次燃焼用内筒 31 内へ、2 次空気供給口 25 から 2 次燃焼用内筒 21 内へと流入する。燃焼用空気 1 の一部は、2 次内円筒 21 の冷却空気口 22 から壁面冷却のために、2 次内円筒 21 内へ流入する。

一方、燃料 2, 3 は、1 次燃料受入ノズル 32 および 2 次燃料受入ノズル 27 から燃焼器 100 内に流入し、1 次燃料ノズル 34 および 2 次燃料ノズル 26 から噴出する。

本実施例に使用される燃料は、液化天然ガスである。液化天然ガスは、硫黄分や窒素化合物をほとんど含まず、SO_x や フューエル NO_x の発生量が少なく、クリーンなエネルギーとして、近年その需要が伸びている燃料である。

1 次燃料ノズル 34 から噴出した 1 次燃料 2 は、燃焼用空気 1 と反応して、1 次燃焼室 30 内に拡散火炎を形成する。

一方、2 次燃料ノズル 26 から噴出した 2 次燃

料3は、複数の予混合火炎形成ノズル23, 23, …内で燃焼用空気1と混合して予混合気体5を形成してから、2次燃焼室20内に噴出する。

2次燃焼室20内に噴出した予混合気体5は、抵抗体40により分流される。抵抗体40の下流側には、気体が循環する第1の循環流領域51が形成される。また、抵抗体40の外周側、つまり2次燃焼室21内の上流端の外周側にも、気体が循環する第2の循環流領域52が形成される。この循環流は、2次燃焼室20が予混合形成ノズル23の出口から急激に大きくなっているために形成される。

第1の循環流領域51には、予混合気体5の燃焼により生成した2000°C前後の高温の燃焼気体4が流れ込む。このため、第1の循環流領域51は、予混合気体5の着火温度である700~800°Cを越えて、1500°C以上の高温な領域となり、第1の循環流領域51に近接する予混合気体5は、確実に燃焼し、比較的急激な燃焼領域53が形成される。したがって、2次燃焼室20内で形成される予混

合火炎は、高温の燃焼気体4という着火源を得ることにより、安定化する。

一方、円形状の抵抗体40の外周側に形成される第2の循環流領域52には、燃焼気体4と予混合気体5とが流れ込み、燃焼気体4と予混合気体5とが混合して燃焼混合気体6が形成される。また、環状の抵抗体40の内周側にも、1次燃焼室30で発生した燃焼気体4と予混合気体5とが混合して酸素分圧の低い燃焼混合気体6が形成される。

この燃焼混合気体6は、比較的急激な燃焼領域53からの火炎が伝播して、燃焼し、比較的急激な燃焼領域53の外側に緩慢な燃焼領域54を形成する。緩慢な燃焼領域54では、酸素分圧の低い燃焼混合気体6が燃焼するため、燃焼温度も低く、この領域で生成されるNOx量は、極めて少ない。

燃焼混合気体6を形成するためには、火炎が、予混合火炎形成ノズル23から噴出する予混合気体5の内部から外側へ伝播して行くことが必要で

ある。これは、仮りに、外側から着火して火炎が内側へ伝播して行くと、予混合気体5が、燃焼気体4と混合する前に燃焼してしまい、燃焼混合気体6が形成されないからである。

ここで、2次燃料3、燃焼用空気1、および燃焼気体4を均一に混合した後、予混合火炎形成ノズル23から噴出し、火炎を形成すると、緩慢な燃焼領域のみが形成されるため、安定な火炎が形成されない。

また、予混合火炎形成ノズル23は、本実施例のように、1次燃焼室30の下流端に環状に配置することが望ましい。このように予混合火炎形成ノズル23を配置すると、1次燃焼室30内で形成される拡散火炎から排出される燃焼気体4の熱により、予混合火炎形成ノズル23から噴出される予混合気体5がより速やかに着火され、予混合火炎はより安定化する。

また、抵抗体40の半径方向の幅に関しても、本実施例のように、予混合火炎形成ノズル23出口の半径方向の幅より小さくすることが望ましい。

抵抗体40の幅が予混合火炎形成ノズル23出口の幅より大きいと、第1の循環流領域51が大きなものとなり、予混合火炎が抵抗体40の近傍に保持されず、火炎の安定性が低下する。

燃焼器100で発生した燃焼気体4は、燃焼気体排出口12から排出され、ガスタービン303に供給される。ガスタービン303内では、高温高圧の燃焼気体4が膨張する過程で、タービンが駆動される。ガスタービン303の動力は、発電機304に伝達され、発電が行われる。

一般に、近年のガスタービン発電設備では、ガスタービン303から排出される燃焼気体4が、廃熱回収ボイラへ導かれ、水蒸気発生用の熱源として用いられることが多い。廃熱回収ボイラ内には、脱硝装置が設けられていることがある。この脱硝装置は、固体触媒表面上でアンモニアと燃焼気体4とを反応させて、燃焼気体4中のNOxを取り除くものである。本実施例に係る燃焼器100を使用する場合、NOxの発生量が少なくなるため、脱硝装置でのアンモニア使用量を低減

することができる。また、運転形態によっては、脱硝装置が無くても環境規制値を満足することができる。

なお、本実施例において、複数の予混合火炎形成ノズル23, 23, …を形成するために、仕切板29を設けたが、抵抗体40を他の方法で支持できる場合は、特に仕切板29を設けて複数の予混合火炎形成ノズル23, 23, …を形成する必要がない。ただし、燃焼器が大型化して予混合火炎形成ノズルが大きくなるような場合には、燃料2と燃焼用空気1との混合を十分に行うために、また、逆火を防ぐために、仕切板29を設けて複数の予混合火炎形成ノズル23, 23, …を形成する方がよい。

次に、本実施例のガスタービン用燃焼器100の運転方法について第5図および第6図を用いて説明する。

ガスタービン303の起動時には、第6図に示すように、燃焼器100に1次燃料2のみを投入し、1次燃焼室30において拡散火炎を形成させ

る。ガスタービン303の負荷がある一定の負荷L.%に達した時点で、1次燃料2量を減少させ、これに対応して2次燃料3量を増加させ、2次燃焼室20において予混合火炎を形成させる。一定の負荷L.%から最大負荷100%に達するまでは、主として2次燃料量3を増加させることにより負荷変化に対応させる。

また、空気供給量は、NOx発生量をある範囲内に保つように、第5図に示すように、燃料2, 3の増減に対応させて、1次空気量を減少させ、2次空気量を増加させる。

抵抗体40が設けられていない燃焼器においては、2次燃焼室20において形成する予混合火炎の安定性が、1次燃焼室30において形成する拡散火炎での燃焼量および拡散火炎の空気比などにより影響を受けるため、投入する1次燃料2量と2次燃料3量の比が一定の範囲内に制限される。本実施例の燃焼器では、予混合火炎を単独で安定化する機構を有するため、1次燃料2量と2次燃料3量の比を任意に設定でき、負荷変動に対する

燃料供給の調整を容易に行うことができる。また、負荷変動範囲を大きくすることができる。

なお、本実施例の燃焼器100では、燃料切り替え後、1次燃料2の供給を停止しても良いが、1次燃料2を常時1次燃焼室20に投入し、拡散火炎を形成しておくことにより、負荷増減の対応を素早く行うことができる。

次に、種々の燃焼器に関して検証を行ったので、予混合火炎の安定化の原理およびNOxの低減効果について、第7図から第13図に基づき説明する。

この検証には、5種類の検証用燃焼器を用いている。

第1の検証用燃焼器410は、第7図に示すように、予混合火炎形成ノズル411と、このノズル411出口から急速に大きくなる燃焼室412と、ノズル411出口の周囲に配されているバイロットバーナ413, 413, …とを備えているものである。なお、バイロットバーナ413からの気体噴出流量は、予混合火炎形成ノズル411

からの気体噴出流量の1/1000以下に設定されている。

バイロットバーナ413でバイロットフレーム414を形成し、これを着火源として、予混合形成ノズル411から噴出する予混合気体401を燃焼させる。予混合火炎402は、ノズル411の出口から円錐状に形成される。予混合火炎402の外周には、燃焼気体404による外部循環領域403が形成される。

この燃焼では、バイロットフレーム414という着火源があるので、予混合火炎402は安定化するが、予混合火炎402がノズル411の出口から形成され、先端が分離していないので、火炎402の周囲に形成されている燃焼気体404の循環流と予混合気体401とのが混合することができほとんど期待できない。したがって、予混合気体401が燃焼気体404と混合した状態で燃焼することはほとんど無く、NOxをあまり低減できない。

第2の検証用燃焼器420は、本発明に係る燃

焼器で、第8図に示すように、予混合火炎形成ノズル411と、このノズル411出口から急激に大きくなる燃焼室412と、ノズル411出口近傍に配され平板状の抵抗体421とを備えているものである。

予混合気体401をノズル411から噴出する。予混合気体噴流の内部には、抵抗体421の作用により、内部循環領域422が形成される。また、燃焼室412がノズル411出口から急激に大きくなっていることにより、外部循環流領域423が形成される。

内部循環流領域422と外部循環流領域423の形成に関しては、燃焼室412内の温度分布、ガス組成分布、流速分布、およびOHラジカル等の発光スペクトル分布を測定することにより、確認している。

内部循環流領域422には、高温の燃焼気体404が流入し、内部循環流領域422の周囲に比較的急激な燃焼領域424が確実に形成される。このように、比較的急激な燃焼領域424が確実

に形成されるので、予混合火炎は安定化する。

また、比較的急激な燃焼領域424、つまり、ラジカル濃度の高い領域が、特定の狭い範囲内にしか形成されないので、燃焼用空気中の窒素の分解および酸化が促進される領域が狭く、サーマルNO_xの発生を抑制することができる。

比較的急激な燃焼領域424の周囲には、外部循環流領域423内の燃焼気体404とノズル411から噴出した予混合気体401とが混ざり合い燃焼混合気体が形成される。燃焼混合気体は、噴流の内部に形成される比較的急激な燃焼領域424から外部に向かって伝播してくる火炎により、燃焼し、緩慢な燃焼領域425を形成する。緩慢な燃焼領域425内では、酸素分圧の低い、つまりラジカル濃度の低い条件で燃焼が進行するので、NO_xの発生量を極めて低い値に抑えることができる。

なお、この検証用燃焼器420では、NO_xの低減のため、予混合火炎形成ノズル411から噴出した予混合気体401自身の燃焼により発生し

た燃焼気体404を用いているが、他のノズルから噴出した燃料の燃焼により発生した燃焼気体を用いても良い。

第3の検証用燃焼器430は、第9図に示すように、予混合火炎形成ノズル411と、このノズルと同様の燃焼室431と、平板状の抵抗体421とを備えている。

この検証用燃焼器430による燃焼では、第2の検証用燃焼器420と同様に、抵抗体421の作用により、予混合火炎432を安定化させることができると、火炎432の外側に燃焼気体404による外部循環領域を形成することができないので、NO_xをあまり低減させることができない。

第4の検証用燃焼器440は、第11図に示すように、第1の予混合火炎形成ノズル441と、このノズル441の側周に沿った環状の噴出口を有する第2の予混合火炎形成ノズル442と、第1の予混合火炎形成ノズル441近傍に配されている平板状の抵抗体421と、第2の予混合火炎

形成ノズル442出口から急激に大きくなる燃焼室443とを備えている。

第1の予混合火炎形成ノズル441から噴出する予混合気体401は、抵抗体421の作用により、安定した第1の予混合火炎444を形成する。第2の予混合火炎形成ノズル442から噴出する予混合気体405は、第1の予混合火炎444を着火源として第2の予混合火炎445を形成する。第2の予混合火炎445は、第2の予混合火炎形成ノズル442の出口で第1の予混合火炎形成ノズル441との境目から、第1の予混合火炎444のほぼ先端まで形成される。

この検証用燃焼器440による燃焼では、第1の予混合火炎形成ノズル441から噴出する予混合気体401が、燃焼気体404と混合する前に燃焼してしまうので、NO_xをあまり低減することができない。

第10図および第12図に、以上の検証用燃焼器のNO_x排出特性を示す。

第10図に示すNO_x排出特定曲線419、

429, 439のうち、曲線419は第1の検証用燃焼器410によるものを、曲線429は第2の検証用燃焼器420によるものを、曲線439は第3の検証用燃焼器430によるものを表している。

また、第12図に示すNO_x排出特性曲線429, 448, 449のうち、曲線429は第2の検証用燃焼器420によるものを、曲線449は第4の検証用燃焼器440で2つのノズルからそれぞれ噴出する燃料と空気との量変えたときに最もNO_x発生量が少ない条件下でのものを、曲線448は第4の燃焼器440で最もNO_x発生量が大きい条件下でのものを表している。

これらの図より、本発明に係る第2の検証用燃焼器420を用いると、他の燃焼器を用いるより、NO_x排出量を1/3以下に低減させることができることがわかる。

サーマルNO_xは、NO_xが発生する領域及びその生成速度の点から、ゼルドヴィッヒ機構によるNO_xと、プロンプトNO_xとの二つに分類さ

一般的に、燃焼用空気に対して、燃料量が多いほどプロンプトNO_xの発生量が増し、燃料量が少ないほどゼルドヴィッヒ機構によるNO_xの発生量が増す傾向にあるが、第10図および第12図より、本発明に係る第2の検証用燃焼器を用いると、いずれのNO_xも低減できることがわかる。

したがって、本発明に係る燃焼器では、空気比が大きい条件下での燃料の燃焼でも、空気比の小さい条件下での燃料の燃焼でも、NO_xを低減することができ、稀薄予混合燃焼を行わなくても十分にNO_xを低減することができる。また、稀薄予混合燃焼法を採用すると、よりNO_xを低減することができる。

なお、第2の検証用燃焼器420において、燃料をメタンとし、噴出する予混合気体の温度が約240℃で、燃焼室中に空気比が1.0~1.1で、燃焼用空気と燃料の予混合気体のみを供給し完全燃焼させた際のNO_xの排出濃度は、約60ppm(0%O₂換算値)以下であった。

第5の検証用燃焼器450は、第13図に示す

れる。

ゼルドヴィッヒ機構によるNO_xは、火炎後流で比較的遅い速度で生成するもので、燃焼空気中の窒素が酸素により酸化されて生成するNO_xである。ゼルドヴィッヒ機構によるNO_xの生成は温度依存性が高く、火炎温度が高くなると発生量が増加する。投入空気量と燃料を完全燃焼するのに必要な空気量との比である空気比を1付近、即ち当量比付近で燃焼すると火炎温度は最も高くなり、NO_x濃度も最大になる。

プロンプトNO_xは、炭化水素系燃料特有のもので、火炎の反応領域中あるいはその近傍で比較的早い速度で生成するNO_xである。プロンプトNO_xは、燃料空気中の窒素が、火炎中に存在する反応活性の高い炭化水素ラジカルなどにより分解され、さらに酸化されて生成するNO_xである。プロンプトNO_xの生成は温度依存性が比較的低く、反応活性の高いラジカルの濃度および高濃度のラジカルが存在する領域の大きさにより支配される。

よう、環状に複数の噴出口を有する予混合火炎形成ノズル451, 451, …と、このノズルに沿って設けられている平板状の抵抗体452と、予混合火炎形成ノズル451出口から急激に大きくなる燃焼室453とを備えている。

本検証用燃焼器450は、それぞれの予混合火炎形成ノズル451, 451, …に対応させて、抵抗体452を設けたものであるが、このように構成することで、ノズル451, 451, …から噴出する予混合気体401と外部循環領域454内の燃焼気体404とを混合させることができ、NO_xを低減することができる。

次に、蒸気タービン用燃焼器の第2の実施例について第14図に基づき説明する。

本実施例の蒸気タービン用燃焼器110は、拡散火炎を形成する1次燃焼室30aと、予混合火炎を形成する2次燃焼室20aとを備え、第1の実施例の燃焼器100とその基本構成がほぼ同じものであるが、2次燃焼室20aにおける、予混合火炎形成ノズル23の出口から急激に広がる幅

Dを広げたものである。

2次燃焼用内筒21aの内径は、予混合火炎形成ノズル23の出口から2次燃焼室20aが急速に広がる幅Dが、予混合火炎形成ノズル23の出口幅dに対して、約1.5倍になるよう設定されている。

本実施例では、第1の実施例と同様に、抵抗体40の下流側に、燃焼気体4による第1の循環流領域51が形成されるので、安定した予混合火炎を得ることができる。

さらに、2次燃焼室20aにおける予混合火炎形成ノズル23の出口から急速に広がる幅Dが広がったので、抵抗体40の外周側に形成される第2の循環流領域52aが広がり、ノズル23から噴出する予混合気体5と第2の循環流領域52a内の燃焼気体4との混合率が増える。したがって、予混合気体5と燃焼気体4とが混合して形成される酸素分圧の低い燃焼混合気体が、単なる予混合気体5が燃焼するよりも多く、燃焼することになるので、NOxをより低減することができる。

側に形成される循環流464が形成され易くなり、火炎中の酸素分圧が低くなるためである。

なお、この検証結果によれば、 D_s/D_1 が1.5以上になると、NOxの低減効果率が小さくなるので、実器の場合には、燃焼器の小型化のためにも、 D_s/D_1 が1.5前後になるよう設計することが好ましいと思われる。

(以下余白)

また、予混合火炎形成ノズル23の出口から急速に広がる幅Dを広げることにより、2次燃焼用内筒22aの冷却空気口22から流入する燃焼用空気1が直接燃焼領域内に流入して燃焼温度を下げる事がないので、COおよび未燃炭化水素の発生を抑制することができる。

予混合火炎を形成する燃焼室において、予混合火炎形成ノズルの出口から燃焼室が急速に広がる幅を変えた場合における、NOxの低減効果について検証したので、これについて説明する。

検証には、第15図に示すように、予混合火炎形成ノズル462と、予混合火炎が形成される燃焼室461と、抵抗体463とを備えている燃焼室460を用いて行った。

第16図に示すように、予混合火炎形成ノズル462の口径 D_s と予混合火炎形成ノズルの出口から燃焼室461が急速に広がる幅 D_1 との比(D_s/D_1)が、大きくなるにつれて、NOx発生量は小さくなる。

これは、 D_1 が大きくなると、予混合火炎の外

次に、第17図および第18図に基づき、ガスタービン用燃焼器の第3の実施例について説明する。

この燃焼器120は、予混合火炎を形成する燃焼器ケーシング121と、環状に配されている複数の予混合火炎形成ノズル122, 122, …と、複数の予混合火炎形成ノズル122, 122, …へ予混合気体5を供給する予混合気体供給管123と、複数の予混合火炎形成ノズル122, 122, …に沿って設けられている抵抗体124とを備えている。

予混合気体供給管123の下流には、燃料2を取り入れる燃料ノズル125, 125と、燃焼用空気1を取り入れる空気ノズル126とが設けられている。

抵抗体124は、平板状を成しており、複数の混合火炎形成ノズル122, 122相互間を仕切る仕切板127, 127, の上に、支持部材128, 128, を介して、設けられている。

本実施例は、先に説明した第5の検証用燃焼器

450を実機レベルにしたもので、第1の実施例および第2の実施例と同様に、安定した予混合火炎を得ることができると共に、NO_xの発生を抑制することができる。なお、本実施例では、2つの燃焼室が設けられていないので、先の実施例と比べて、小型化の点では優れているが、負荷変動に対する許容範囲が狭い点で劣っている。

抵抗体は、第1の実施例および第2の実施例のように断面がV字形状である必要は無く、その下流側に循環流を形成することができるものであれば、どのような形状のものでも良く、本実施例のように、平板状のものでも良い。なお、実験によると、平板状の抵抗体の場合、予混合気体の流れ方向に対して、抵抗体が約45°以内の傾斜角で設けられていれば、火炎の安定性にはほとんど影響がないことがわかっている。

また、抵抗体は、高温になるので、少なくとも500℃以上の耐熱性を備えている材料で形成する必要があるが、抵抗体を中空構造にしてその内に冷却用の空気または水を供給することにより、耐

いる。抵抗体136は、複数の予混合火炎形成ノズル133, 133, …間に仕切る仕切板137, 137…上に、支持部材を介して設けられている。

2次燃焼室141は、2次燃焼用内筒142により構成されており、1次燃焼用内筒132の下流側に設けられている。2次燃焼用内筒142の上流端には、環状に配されている複数の2次予混合火炎形成ノズル143, 143, …の上流側には、燃焼用空気1をノズル143, 143, …内に流入させる2次空気供給口145, 145, …と、2次燃料3を噴出する2次燃料ノズル146, 146, …とが、設けられている。

1次燃焼用内筒132および2次燃焼用内筒142の側面には、内筒132, 142自身を冷却するための冷却空気口138, 148が形成されている。

燃焼用空気1は、空気圧縮器301により圧縮された後、燃焼器130内に流入し、1次予混合火炎形成ノズル133および2次予混合火炎形成

熱性を確保するようにしてもよい。

次に、ガスターピン用燃焼器の第4の実施例について第19図および第20図に基づき説明する。

本実施例のガスターピン用燃焼器130は、予混合火炎を形成する2つの燃焼室、1次燃焼室131と2次燃焼室141とを備えている。

1次燃焼室131は、1次燃焼室用内筒132により構成されており、その上流端には、環状に配されている複数の1次予混合火炎形成ノズル133, 133, …が設けられている。予混合火炎形成ノズル133, 133, …の上流側には、1次燃料2を噴出する複数の1次燃料ノズル134, 134, …と、燃焼用空気1を内筒132内に流入させるための1次空気供給口135, 135, …とが設けられている。1次燃焼室131は、1次予混合火炎形成ノズル133の出口で急激に大きくなるよう形成されている。

1次予混合火炎形成ノズル133の出口近傍には、予混合気体5の燃焼により発生する燃焼気体4を循環させるための抵抗体136が設けられて

ノズル143の混合部139, 149において燃料2, 3と混合する。このよう形成された予混合気体5は、1次燃焼室131および2次燃焼室141内に噴出する。燃焼用空気1の一部は、内筒132, 142の冷却用として冷却空気口138, 148から燃焼室131, 141内に流入する。

1次予混合火炎形成ノズル133から噴出する予混合気体5は、抵抗体136の作用により分割される。抵抗体136の下流側には第1の循環流領域151が形成され、第1の循環流領域151の周囲に予混合火炎が形成される。予混合火炎の周囲には、燃焼気体4による第2の循環流領域152が形成される。予混合火炎では、予混合気体5と燃焼気体4とが混合して形成される燃焼混合気体が燃焼することになるので、NO_xが低減される。

1次燃焼室131で形成された燃焼気体4は、ほぼ直進して、2次燃焼室141の中心部に流入する。この燃焼気体4の外周側に2次予混合火炎

形成ノズル143からの予混合気体5が噴出される。2次予混合火炎形成ノズル143から噴出される予混合気体5は、1次燃焼室131で形成された燃焼気体4により着火されて、予混合火炎が形成される。

本実施例のように、2つの燃焼室を設けることにより、負荷変動に対する許容範囲を大きくすることができる。

次に、ガスタービン用燃焼器の第5の実施例について第21図および第22図に基づき説明する。

本実施例のガスタービン用燃焼器160は、予混合火炎を形成する2つの燃焼室、1次燃焼室131と2次燃焼室141とを備えており、それらの予混合火炎形成ノズル133a, 143の出口に抵抗体161, 163を設けたもので、その他の構成に関しては、第4の実施例のガスタービン用燃焼器130と基本的な構成は同じである。なお、1次燃焼用抵抗体161には、その下流側にバイロットフレームを形成するバイロットバーナ162が設けられている。

を形成する予混合火炎形成ノズル133を設けると共に、拡散火炎172を形成する拡散火炎形成ノズル171を設けたものであり、その他の基本的な構成は、第4の実施例とほぼ同じである。

燃焼器170の起動時には、まず、拡散火炎形成ノズル171から燃料2を噴出し、1次燃焼室131内に拡散火炎172を形成させる。拡散火炎172が形成されると、1次予混合火炎形成ノズル133に1次燃料2を供給し、1次予混合火炎を形成させる。1次燃焼室131での負荷が所定の負荷になると、2次予混合火炎形成ノズル143に2次燃料3を供給し、2次予混合火炎を形成すると共に、拡散火炎172を消化させる。このとき、2次予混合火炎は、1次予混合火炎で発生する燃焼気体4により着火する。

これ以降は、1次予混合火炎と2次予混合火炎の負荷を調節して、燃焼器170の負荷変動に対応させる。

本実施例では、燃焼器170の起動を容易に行うことができる。なお、拡散火炎172を形成さ

燃焼器160の起動時には、バイロットバーナ162のみに燃料を供給し、1次燃焼用抵抗体161の下流側にバイロットフレームを形成させる。

バイロットフレームが形成された後に、1次予混合火炎形成ノズル133aから1次燃料2の供給を開始し、予混合火炎を形成させる。この予混合火炎が安定に形成された後、バイロットバーナ162への燃料供給を停止する。このように通転することにより、燃焼器160の起動を容易に行うことができる。

また、本実施例では、いずれの予混合火炎形成ノズル133a, 143にも抵抗体161, 163が設けられているので、いずれの予混合火炎も燃料の供給量等にあまり影響されること無く、常に安定した予混合火炎を得ることができる。

次に、ガスタービン用燃焼器の第6の実施例について第23図に基づき説明する。

本実施例の燃焼器170は、第4の実施例の燃焼器130の1次燃焼室131内に、予混合火炎

せるための燃焼用空気1は、拡散火炎形成ノズル171の周囲から供給されが、この燃焼用空気1は、1次予混合火炎から排出される燃焼気体と混合するため、拡散火炎172から排出されるNO_xは少ない。

次に、ガスタービン用燃焼器の第7の実施例について第24図および第25図に基づき説明する。

本実施例の燃焼器180は、1次燃焼室181の上流側に、予混合火炎を形成する複数の予混合火炎形成ノズル183, 183, …と、複数の予混合火炎形成ノズル183, 183, …の出口近傍に配されている抵抗体184と、1次燃焼室181の上流端の中央にバイロットフレームを形成するバイロットバーナ185とを設け、2次燃焼室20、その他の基本的な構成を第1の実施例の燃焼器100とほぼ同じに構成したものである。

複数の1次予混合火炎形成ノズル183, 183, …は、相互間が仕切板186, 186, …により仕切られ、環状に配されている。

抵抗体184は、断面がV字形を成し、複数の

1次予混合火炎形成ノズル183, 183, …に沿って、その下流側に設けられている。

1次燃焼室181は、1次燃焼用内筒182により構成されており、1次予混合火炎形成ノズル183の出口から急激に広がるよう形成されている。

起動時には、1次燃焼室181内にパイロットバーナ185によりパイロットフレームを形成させる。次に1次燃焼室181内に予混合火炎を形成させ、所定の負荷になった時点で、2次燃焼室20内に予混合火炎を形成させる。したがって、パイロットバーナ185により燃焼器180を起動させるので、容易に起動を行うことができる。

また、本実施例では、いずれの燃焼室181, 20にも、予混合火炎形成ノズル183, 23の出口に抵抗体40が設けられているので、安定した予混合火炎を得ることができる。さらに、いずれの燃焼室181, 20も、予混合火炎形成ノズル183, 23の出口から急激に広がるよう形成されているので、予混合火炎の周囲に燃焼気体

4による循環流領域187, 52が形成され、NO_xの発生を抑制することができる。

以上の各種実施例において、複数の予混合火炎形成ノズルを設ける場合、これを環状に連続的に配したものと示してきたが、複数の予混合火炎形成ノズルの配列は、これに限定されるものではなく、例えば、第26図に示すように、複数の予混合火炎形成ノズル191, 191, …を断続的に放射状に配列してもよい。この際、火炎を安定させる抵抗体192, 192, …は、各予混合火炎形成ノズル191, 191, …に対応させて、放射状に設けることが好ましい。なお、同図に示す燃焼器190は、第7の実施例の変形例である。

また、以上の各種実施例において、環状に複数の予混合火炎形成ノズルが配されている場合、これに対して、環状の抵抗体を1つ設けたものを示してきたが、環状の複数の予混合火炎形成ノズルに対する抵抗体は、これに限定されるものではなく、例えば、第27図に示すように、複数の予混合火炎形成ノズル183, 183, …相互間を仕

切るそれぞれの仕切板186, 186, …上に複数の抵抗体201, 201, …を設けるようにしてもよい。なお、同図に示す燃焼器200は、第7の実施例の変形例である。

次に、ガスタービン用燃焼器の第8の実施例について第28図に基づき説明する。

本実施例の燃焼器210は、燃焼室211の上流端に、複数の1次予混合火炎形成ノズル212, 212, …が環状に配されている1次予混合火炎形成ノズル群と、その外周に沿って、複数の2次予混合火炎形成ノズル23, 23, …が環状に配されている2次予混合火炎形成ノズル群と、燃焼室211の上流端の中央にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ185とが設けられているものである。

1次予混合火炎形成ノズル212および2次予混合火炎形成ノズル23の出口近傍には、抵抗体213, 40が設けられている。

本実施例では、第7の実施例と同様に、安定した予混合火炎を得ることができると共に、NO_x

を低減することができる。なお、本実施例の場合、同一の燃焼室21-1中に1次予混合火炎と2次予混合火炎とを形成するので、第4の検証用燃焼器440のように、火炎相互が重なることによるNO_xの低減効果の低下や振動燃焼を防ぐために、1次予混合火炎形成ノズル212と2次予混合火炎形成ノズル23との配置関係に十分な考慮をはらって設計する必要がある。

次に、ガスタービン用燃焼器の第9の実施例について第28図に基づき説明する。

本実施例の燃焼器220は、1次燃焼室221で拡散火炎を2次燃焼室222で予混合火炎を形成する燃焼器において、複数の予混合火炎形成ノズル223, 223, …を2次燃焼用内筒24の盤面に設置したものである。

複数の予混合火炎形成ノズル223, 223, …は、2次燃焼用内筒24の中心軸に向かって、予混合気体が噴出されるよう設けられている。これら複数の予混合火炎形成ノズル223, 223, …の出口近傍には、抵抗体224, 224, …が

それぞれ設けられている。

このような燃焼器220においても、抵抗体224に対して内筒24の中心軸側に燃焼気体4の循環流領域が形成されると共に、予混合火炎の周囲にも燃焼気体4による循環流領域が形成されるので、安定した予混合火炎を得ることができると共にNO_xを低減することができる。

ガスタービンに接続される以上の各種実施例のガスタービン用燃焼器100, 110, …は、第30図に示すように、ガスタービン303と共に、ガスタービン303からの燃焼気体4の熱により蒸気を発生させる廃熱回収ボイラ312を設けることにより、いわゆるコジェネレーションシステムを構築することができる。

このコジェネレーションシステムは、空気圧縮機301とガスタービン用燃焼器100, 110, …とガスタービン303と発電機304とから構成されるガスタービン発電設備310と、メインボイラ設備313と、ガスタービン用燃焼器100, 110, …とメインボイラ313とに燃

れている場合が多いが、このような場合でも、ガスタービン用燃焼器内のNO_x排出量が少ないので、既に述べたように、廃熱回収ボイラ312内に脱硝装置を設けなくても、厳しい規制値を満足することができる場合がある。

なお、廃熱回収ボイラに蒸気タービンを接続することにより、廃熱回収型のコンバインドサイクルを構成することができる。

以上、ガスタービン用燃焼器に関する実施例を説明したが、本発明は、ガスタービン用に限るものではなく、燃料の燃焼によりサーマルNO_xが発生するものであれば、例えば、ボイラ、焼却器や化学プラント等で反応器と呼ばれるものなど、あらゆる燃焼器に適用してもよい。

次に、本発明にかかるバーナの1実施例について第31図に基づき説明する。

バーナ80は、外筒81と内筒85とを備えて構成されている。外筒81の下流端側は、途中から急激に拡張されている。外筒81の上流端側には、燃料2を受入る燃料ノズル82と、燃焼用空

料2を供給する燃料供給設備315と、廃熱回収ボイラ312と、ターボ冷却機314とを備えている。

燃料2は、燃料供給設備315からガスタービン用燃焼器100, 110, …とメインボイラ313とに供給される。

ガスタービン用燃焼器100, 110, …に供給された燃料2は、燃焼器100, 110, …内で燃焼した後、燃焼により発生した燃焼気体4がガスタービン303に送られる。そして、燃焼気体2は、タービンを駆動して発電が行われる。

ガスタービン303からの燃焼気体4は、廃熱回収ボイラ312に送られて、そこで、蒸気を発生させる。

この蒸気は、夏季にはターボ冷却機314の駆動用に用いられ、冬季には暖房用に用いられる。この蒸気が不足しているときは、メインボイラ313で発生した蒸気が用いられる。

このようなコジェネレーションシステムは、NO_x排出規制の厳しい都市や都市近郊に設置さ

れています。

内筒85の下流端には、下流側に循環流が形成されるよう抵抗体86が形成されている。内筒85は、中空構造になっており、中に冷却水9を供給する冷却水供給管87が設けられている。

このようなバーナ80を燃焼器88に取り付け、予混合火炎89を形成させると、先に述べたガスタービン用燃焼器と同様に、抵抗体86の下流側に燃焼気体4による第1の循環流領域90が形成されると共に、予混合火炎89の周囲に燃焼気体4による第2の循環流領域91が形成されるので、安定した予混合火炎89を得ることができると共に、NO_xを低減させることができる。

【発明の効果】

本発明によれば、予混合気体噴流内に高温の燃焼気体が循環し、これを着火源として予混合火炎が確実に形成されるので、火炎を安定させることができる。

また、予混合気体内に燃焼気体が混入し、これにより形成された酸素分圧の低い気体が燃焼する

ので、NO_xを著しく低減することができる。

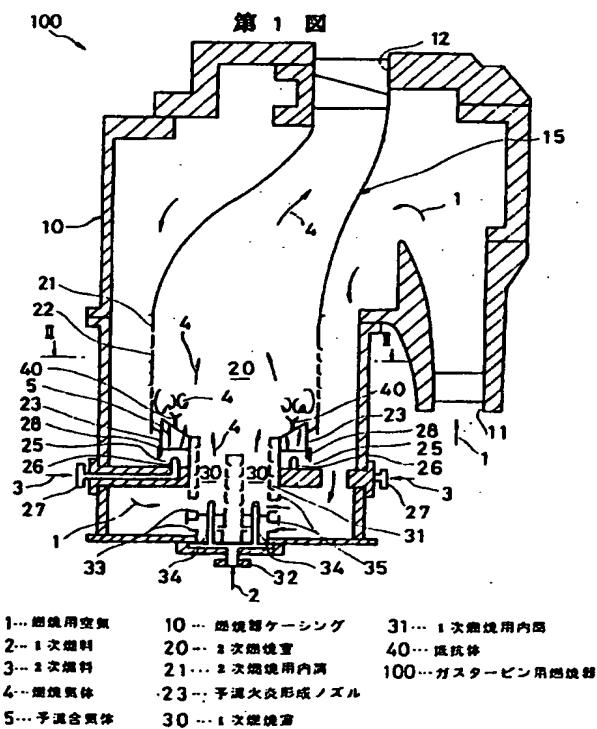
4. 図面の簡単な説明

第1図～第6図は第1の実施例を示しており、第1図はガスタービン用燃焼器の全体断面図、第2図は第1図におけるII-II線断面図、第3図はガスタービン用燃焼器の要部断面図、第4図はガスタービン発電設備の系統図、第5図はガスタービン用燃焼器を運転する際のガスタービン負荷と空気供給量との関係を示すグラフ、第6図はガスタービン用燃焼器を運転する際のガスタービン負荷と燃料供給量との関係を示すグラフ、第7図は第1の検証用燃焼器の断面図、第8図は第2の検証用燃焼器の断面図、第9図は第3の検証用燃焼器の断面図、第10図は第1の燃焼器と第2の燃焼器と第3の燃焼器とのNO_x排出特性を示すグラフ、第11図は第4の検証用燃焼器の断面図、第12図は第2の検証用燃焼器と第4の検証用燃焼器とのNO_x排出特性を示すグラフ、第13図は第5の検証用燃焼器の断面図、第14図は第2の実施例のガスタービン用燃焼器の全体断面図、

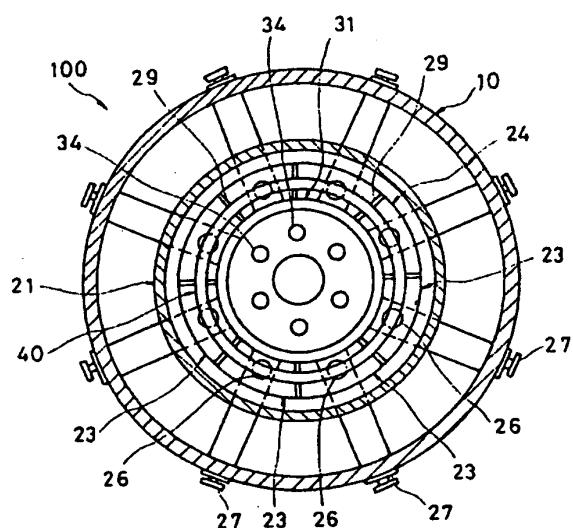
第15図は検証用燃焼器の断面図、第16図は検証用燃焼器のNO_x排出特性を示すグラフ、第17図は第3の実施例のガスタービン用燃焼器の要部断面図、第18図は第17図におけるI-I'線断面図、第19図は第4の実施例のガスタービン用燃焼器の要部断面図、第20図は第19図におけるII-II'線断面図、第21図は第5の実施例のガスタービン用燃焼器の要部断面図、第22図は第21図におけるI-I''線断面図、第23図は第6の実施例のガスタービン用燃焼器の要部断面図、第24図は第7の実施例のガスタービン用燃焼器の全体断面図、第25図は第24図におけるIII-III'線断面図、第26図は第7の実施例の変形例のガスタービン用燃焼器の要部断面図、第27図は第7の実施例のその他の変形例のガスタービン用燃焼器の要部断面図、第28図は第8の実施例のガスタービン用燃焼器の全体断面図、第29図は第9の実施例のガスタービン用燃焼器の全体断面図、第30図はコジェネレーションシステムの系統図、第31図はバーナの全体断面図

である。

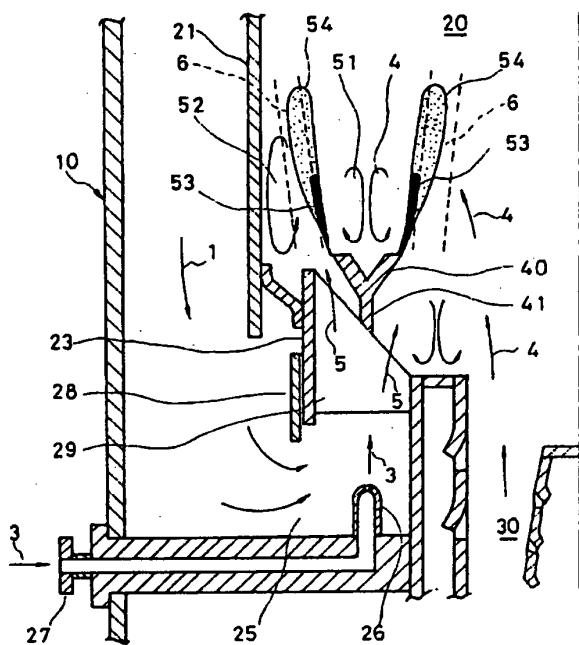
1…燃焼用空気、2…1次燃料、3…2次燃料、4…燃焼気体、5…予混合気体、6…燃焼混合気体、10…燃焼器ケーシング、20, 20a, 141, 222…2次燃焼室、21, 21a, 132, 142…2次燃焼用内筒、23, 133, 133a, 136, 143, 183, 191, 212, 223…予混合火炎形成ノズル、30, 30a, 131, 181, 221…1次燃焼室、31, 132, 182…1次燃焼用内筒、40, 86, 124, 136, 161, 163, 184, 192, 201, 213, 224…抵抗体、51…第1の循環流領域、52, 52a…第2の循環流領域、53…比較的急激な燃焼領域、54…緩慢な燃焼領域、80…バーナ、100, 110, 120, 130, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220…ガスタービン用燃焼器、301…空気圧縮器、303…ガスタービン、312…廃熱ボイラ。



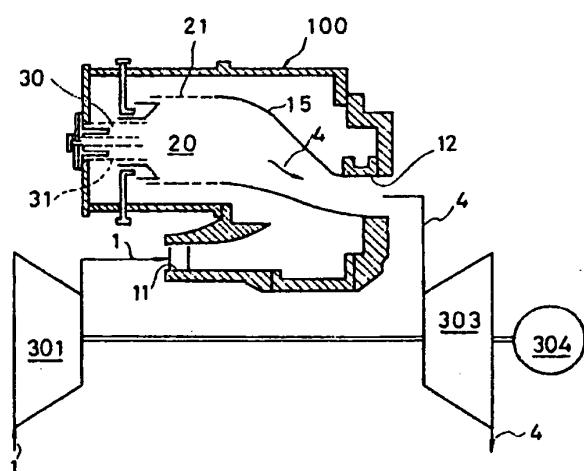
第2図



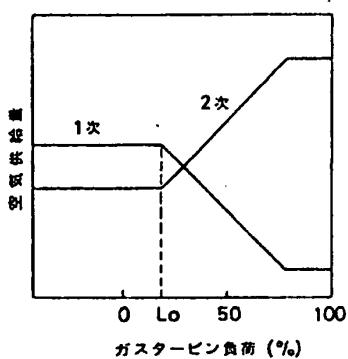
第3図



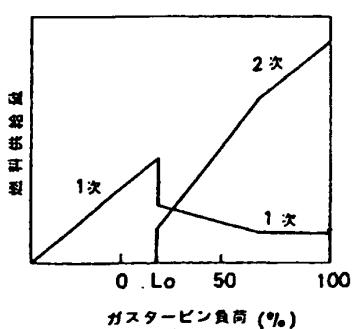
第4図



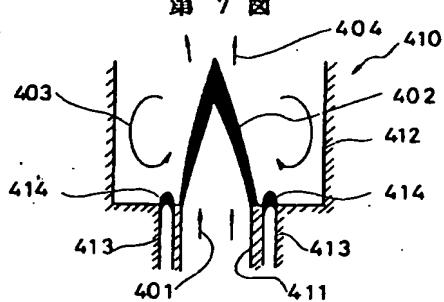
第5図



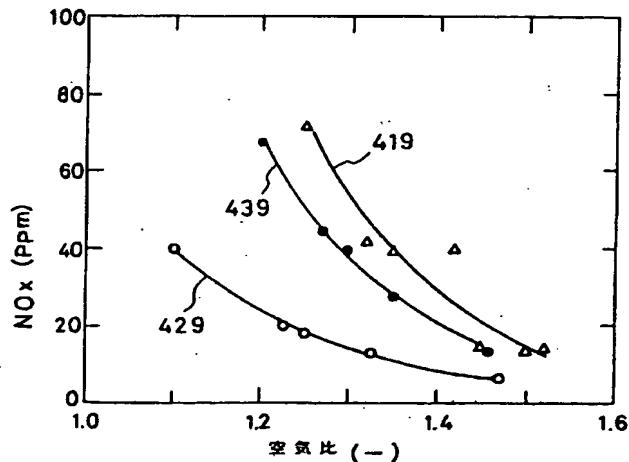
第6図



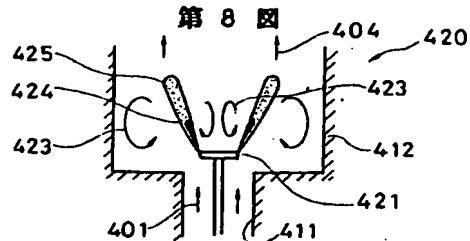
第7図



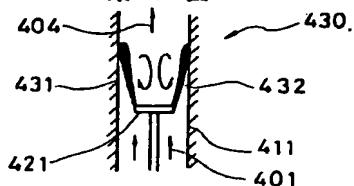
第10図



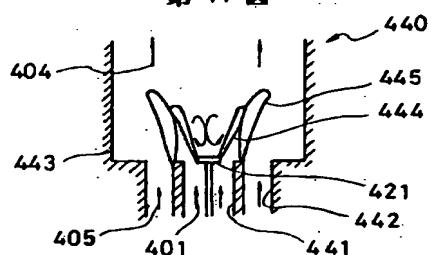
第8図



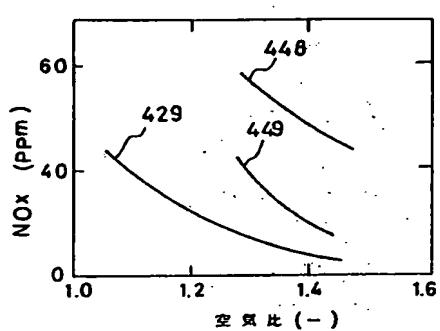
第9図



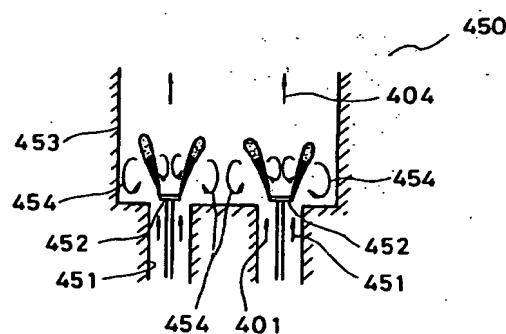
第11図



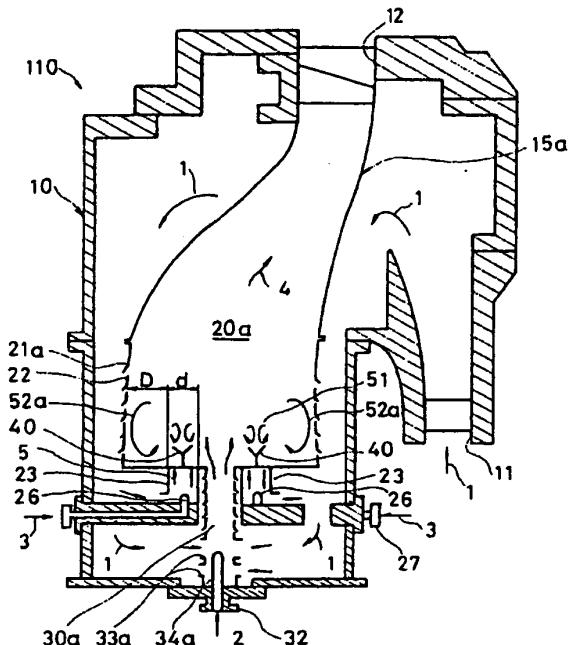
第12図



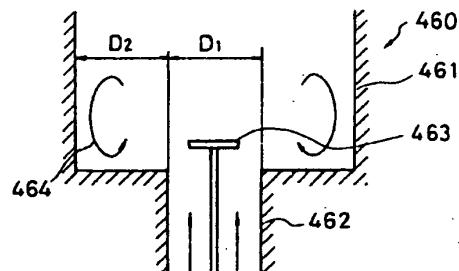
第13図



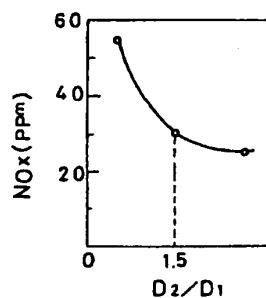
第 14 圖



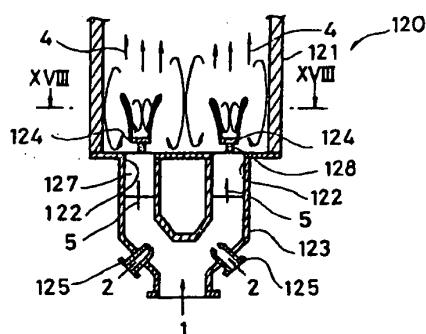
第15図



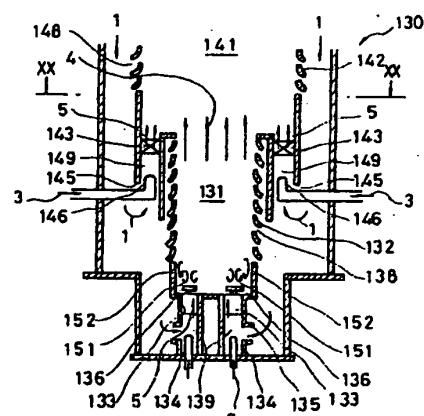
第16図



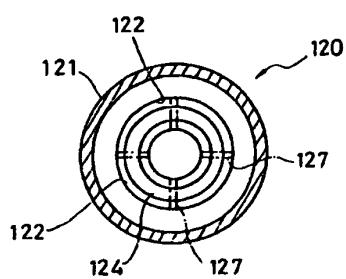
第 17 圖



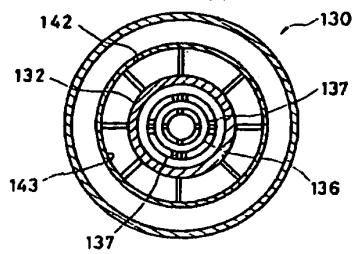
第 19 圖



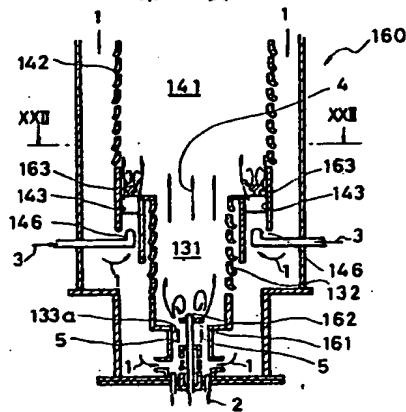
第 18 図



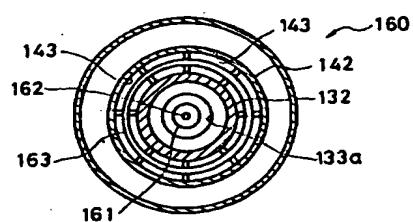
第 20 図



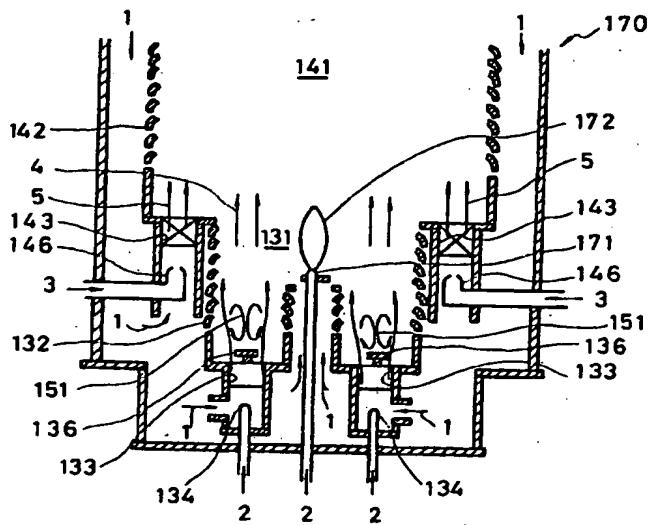
第 21 図



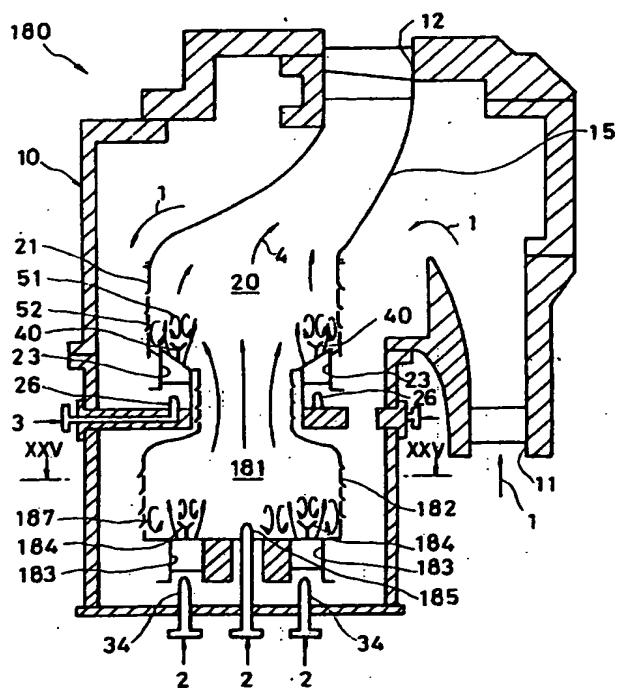
第 22 図



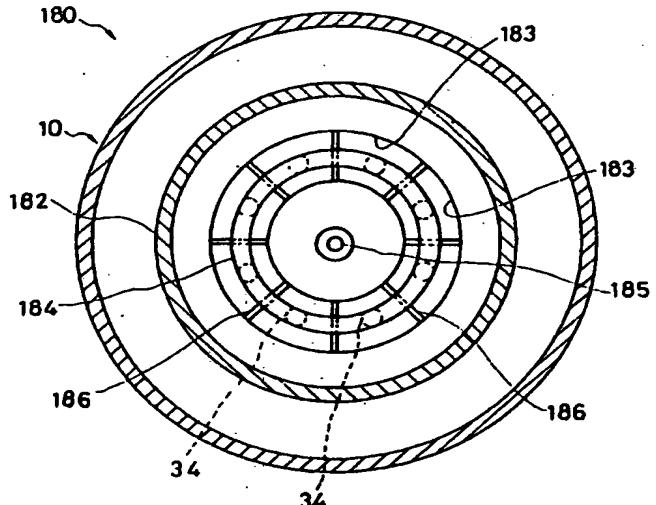
第 23 図



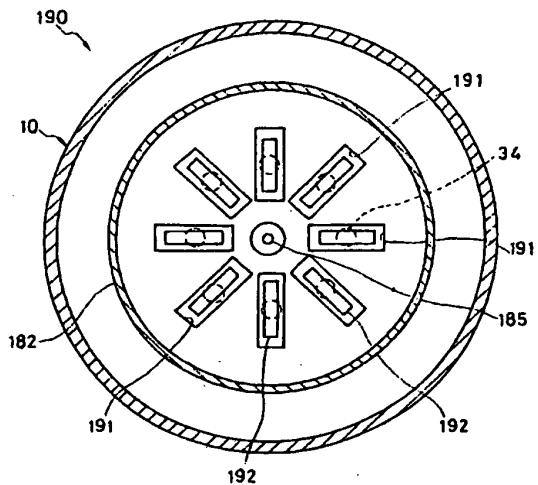
第 24 圖



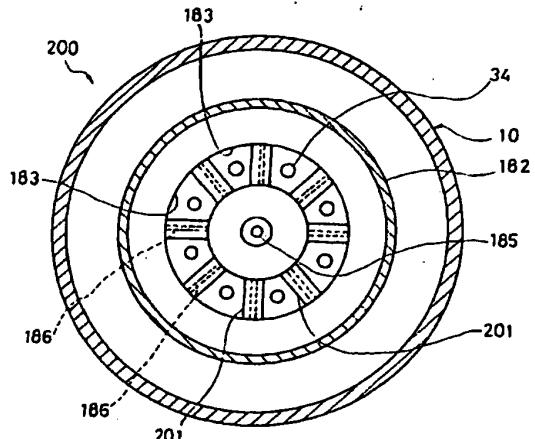
第 25 図



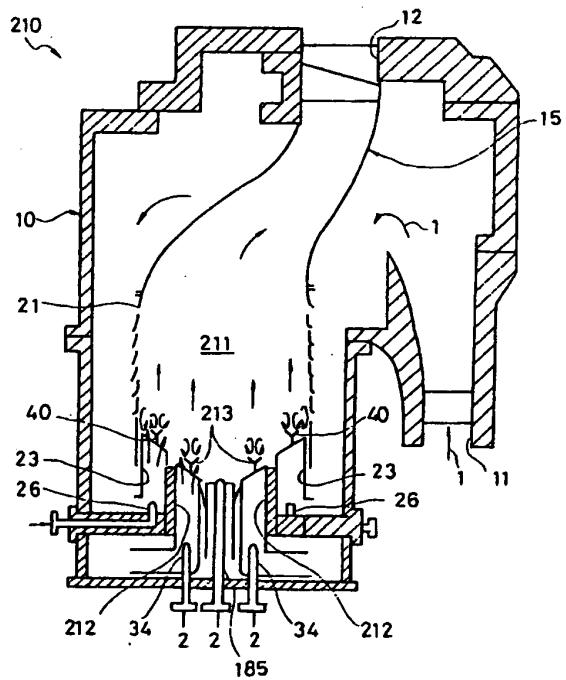
第 26 圖



第27圖



第28図



第 29 図

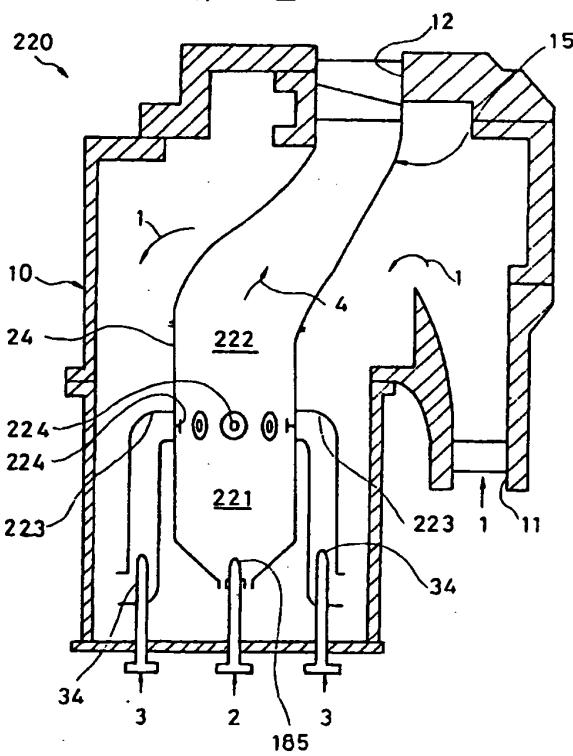
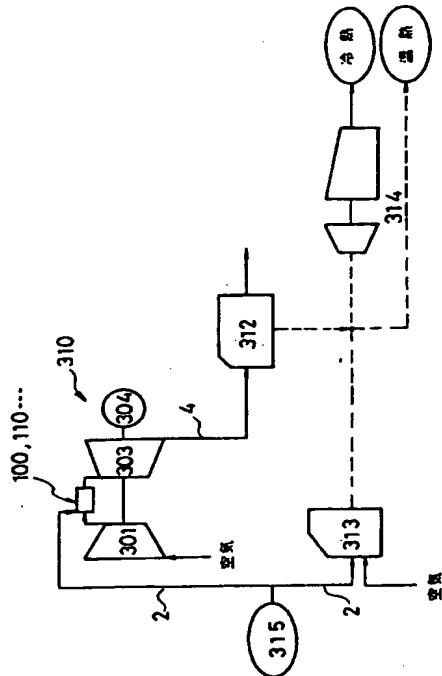
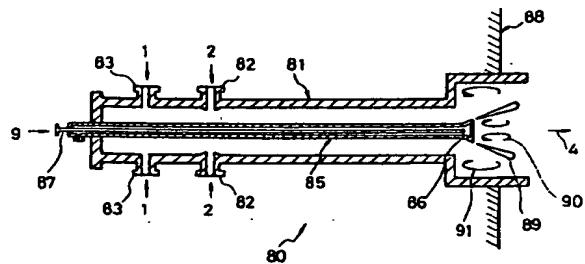


圖 30 第



第31圖



第1頁の続き

優先権主張	平1(1989)9月21日②日本(JP)②特願 平1-245534				
②発明者	村上	忠孝	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所	日立研究所内
②発明者	吉井	泰雄	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所	日立研究所内
②発明者	相馬	憲一	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所	日立研究所内
②発明者	小林	啓信	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所	日立研究所内
②発明者	石橋	洋二	茨城県土浦市神立町502番地	株式会社日立製作所	機械研究所内
②発明者	黒田	倫夫	茨城県日立市幸町1丁目1番1号	株式会社日立製作所	日立工場内

THIS PAGE BLANK (USPTO)